Aus der Chirurgischen Universitätsklinik in Marburg
(Direktor: Professor Dr. Klapp)

Ueber Pseudarthrosen

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DES DOKTORGRADES
IN DER GESAMTEN MEDIZIN
DER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER PHILIPPS-UNIVERSITÄT MARBURG

vorgelegt von

Walter Oberheide
aus Fischbeck

MARBURG-LAHN 1939
BUCHDRUCKEREI HERMANN BAUER

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
am 30. Juni 1939.

Referent: Prof. Dr. Klapp.

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Wenn Kriegschirurgie und Unfallheilkunde mit als die ältesten Zweige der chirurgischen Kunst gelten, so ist die Knochenbruchbehandlung im Laufe der Zeiten doch immer ein wesentliches Betätigungsfeld des ärztlichen Handelns geblieben.

Trotz der fortschreitenden Entwicklung der Frakturbehandlung, um die sich führende Chirurgen verdient gemacht haben, treten doch immer wieder Störungen und Hindernisse ein, die zu einer verzögerten Konsolidation oder sogar zu ihrem Endzustand, der Pseudarthrose führen.

Mögen diese Fälle gegenüber der überwiegenden Mehrzahl der glatten Knochenbruchheilung auch nur sehr gering erscheinen, so bedeuten sie für ihren Träger eine unerwünschte Beeinträchtigungen seiner Lebensäußerungen, für den Arzt einen deutlichen Mißerfolg und für die sozialen Einrichtungen erhebliche Ausgaben.

Ist als schwerwiegendste Folgeerscheinung nach einer Fraktur die völlige feste knöcherne Wiedervereinigung ausgeblieben und somit die osteogenetische Kraft und Tätigkeit zur Regeneration zum Stillstand gekommen, so spricht man von einem „falschen“ Gelenk, einer „Pseudarthrose“.

Die Bruchenden sind dauernd abnorm und unzweckmäßig beweglich an einer Stelle, wo an sich der Knochen fest sein sollte und entweder isoliert vernarbt oder durch lockeren, bindegewebigen Kallus fibrös mit einander verbunden. Die Markhöhlen sind durch eine kompaktaartige Verdichtung des Knochengewebes wie mit einem Deckel verschlossen (Bruns), über den sich ein knorpelähnliches, derbes Bindegewebe zieht, das an manchen Stellen reguläre Knorpelinseln enthält. Im Gegensatz zu der an den anliegenden Knochenteilen vorhandenen Atrophie findet sich am Pseudarthrosenspalt dichteres Knochengewebe, sodaß die Fragmentenden sklerosiert erscheinen. Besonders aber nach entzündlichen Prozessen und chronischen Eiterungen wird diese „Eburnisation“ beobachtet. Die Menge und Festigkeit des Bindegewebes bewirkt die schlaffe oder straffe-fibröse Form der Pseudorthrose. So können besonders bei der ersteren Form ausgiebige Bewegungen möglich sein, während bei der letzteren durch ihre Straffheit die Beweglichkeit nur sehr gering ist und sehr häufig nur ein

deutliches Federn nachzuweisen ist, sie wird am meisten beobachtet.

Aus jeder Pseudarthrose kann sich im späteren Verlauf, meistens sind mehrere Jahre dazu erforderlich, eine den normalen Gelenken ähnliche Form entwickeln, die schließlich das Bild einer wirklichen Nearthrose bietet. Die Pseudarthrose ahmt, wie Bier sagt, alle Gelenkformen von der Syndesmose bis zur vollkommensten, der regelrechten Diarthrose mit Kapsel, Bändern und Synovialhaut nach.

Man nimmt an, daß durch gegenseitige schleifende und scheuernde Bewegungen der Bruchenden an dem einen im Zentrum, am anderen in der Peripherie (Bruns), die an der unteren Extremität durch die Belastung noch verstärkt werden und an den oberen Extremitäten infolge vorwiegend pendelnder Bewegungen Gelenkflächen ausgebildet werden mit periostähnlichem Ueberzug (stellenweise Faser- oder hyaliner Knorpel) (Bier) und durch eine derbe, bindegewebige Kapsel umschlossen werden, die an ihrer Innenfläche mit einer glatten oder zottigen Zellschicht, ähnlich der Synovialmembran, ausgekleidet ist. Selbst synoviaähnliche Flüssigkeit (Bier), freie knorpelige Gelenkkörper (Bruns) und sogar Veränderungen im Sinne der Arthritis deformans sind beschrieben. Brandt erklärt die Entstehung dieser Gelenkformen auf dem Wege der Apposition und Resorption. Nach ihm entsteht ein Kugelgelenk aus einem einfachen Querbruch dadurch, daß an dem einen Ende eine Resorption an den Randpartien erfolgt, wodurch es halbkugelig abgerundet wird, während am anderen Bruchende Appositionsvorgänge dafür sorgen, daß als Gegenstück eine pfannenartige Umwachsung des gebildeten Gelenkkopfes entsteht.

So liegt der hervorstechendste Unterschied zu den normalen Körpergelenken nur in der Entstehung und dem Sitz an „ungehöriger“ Stelle.

Während beim normalen Körpergelenk die Pfanne proximal und der Kopf am distalen Skeletteil liegt, zeigen die Pseudarthrosen meist umgekehrte Verhältnisse, das obere Ende ist kopfförmig, das untere pfannenförmig. Es ist aber auch die andere Form mit proximaler Pfanne bekannt. Eine feste Regel hierfür gibt es nicht.

Unter den verschiedenen Formen, die bei der Pseudarthrosenbildung zur Beobachtung gelangen, unterscheidet man im allgemeinen nach der Morphologie:

a) einfache (spaltförmige, gemeine) Pseudarthrosen,

b) Defektpseudarthrosen.

Magnus unterscheidet noch eine dritte Form: die Pseudarthrose der mangelnden Kallusbildung. Die Regeneration ist mangelhaft, und der Körper stellt die Regenerationsarbeit ein, bevor die Fraktur fest ist. Die gemeinen Pseudarthrosen entstehen aus gewöhnlichen Knochenbrüchen. Das mehr oder weniger breite, fibröse Zwischengewebe besteht in der Hauptsache aus neugebildetem Narbengewebe, nur sehr selten ist auch zwischengelagertes und erhalten gebliebenes Muskelgewebe aus der Umgebung der Bruchstelle beteiligt; die Bruchenden selbst zeigen in teils stärkerem, teils geringerem Maße Kallusbildungen. Besonders bei den nicht verschobenen Querbrüchen sieht man nach kurzer Zeit einen großen, geschlossenen, kugeligen Kallusschatten (Bergmann). Meistens sind derbere, bindegewebige Verbindungen nur in der äußeren Umgrenzung der Frakturstelle festzustellen, während zwischen den Enden ein deutlicher Spalt mit Flüssigkeit erhalten geblieben ist, der von einem Netz von Fasersträngen durchzogen wird. Hat die äußere Form der Spaltbildung noch keine weitere Aehnlichkeit mit einem Gelenk, so könnte man den Eindruck gewinnen, daß sich ein Schleimbeutel zwischen den Knochenenden gebildet hätte. Der Spalt bildet sich im allgemeinen in dem die Knochenenden verbindenden Kallus erst später. Im Röntgenbild kann die Spaltbildung in ganz verschiedener Verlaufsrichtung und Form erscheinen, bald verläuft sie quer, bald schräg, bald unregelmäßig ausgezackt. Der falsche Gelenkspalt kann mehr oder weniger scharf begrenzt sein, aber auch wolkig verwaschen. Namentlich an der Peripherie des Spaltes sind meistens größere, durch unregelmäßige Kalluswucherung entstandene Unebenheiten vorhanden. Es ist allerdings zu berücksichtigen, daß röntgenologisch nur das kalkhaltige Gewebe dargestellt wird. So kann der eigentliche Spalt im Röntgenbild also größer erscheinen, als der Wirklichkeit entspricht, da die bindegewebigen und knorpligen Auflagerungen an den Knochenenden kaum sichtbar sind.

Die Defektpseudarthrose ist herzuleiten aus der meist immer gleichzeitig bestehenden schweren Schädigung des Knochens, seiner Umgebung und aus dem Vorhandensein einer größeren Diastase in der Kontinuität des Röhrenknochens, sodaß die knochenbildenden Elemente zunächst samt dem umgebenden Muskelbindegewebe nicht in der Lage sind, Kallus zu bilden. Selbst wenn die Diastase nur die Folge des Knochenverlustes ohne weitere Schädigung der umgebenden Weichteile, insbesondere der spezifisch knochenbildenden Ge-

webe ist, so reicht trotz guter Kallusbildung und Zielstrebigkeit derselben die Kraft nicht aus, um die Lücke so rasch zu schließen, daß sich nicht zwischen den beiden Kallusmassen unspezifisches, derbes Narbengewebe entwickelt hätte.

Die beiden Bruchstücke sind also isoliert vernarbt und liegen mit größerem Defekt oder hochgradig dislociert von einander getrennt in den Weichteilen. Während bei den gemeinen, spaltförmigen Pseudarthrosen die Knochenenden meist durch Kallus verdickt sind, findet man sie bei den Defektpseudarthrosen vorwiegend konisch verjüngt und häufig auch in spitze Knochenzacken auslaufen, die durch einen bindegewebigen Strang miteinander verbunden sind. Die spitze Ausziehung beruht teils auf der von erhalten gebliebenen Periststreifen ausgehenden Regeneration, teils auf dem durch erhöhten Knochenabbau der Knochenröhre verringernden Umfang, wobei eine Verschmälerung der Kortikalis oft auch mit einer Verengerung des Markraumes parallel geht. Diese konische Form der Knochenenden entsteht besonders bei weitgehender Ausschaltung der pseudarthrotischen Knochen in der Funktion als Stützorgan. Bei Kindern und Jugendlichen kommt es dann neben dieser besonderen Form der Knochenatrophie auch zu Wachstumsstörungen.

In der Betrachtung über den histologischen Bau der Pseudarthrose greift man am besten auf die Untersuchungen von Pommer, Mitterstiller und Brun zurück. Ersterer untersuchte eine straff-fibröse Tibia- und Ulnapseudarthrose. Beide zeigten reichlichen Kallus, sodaß man zuerst an einen Kallustumor glauben konnte. Die Knochengewebsneubildungen gingen vom Periost und Markhöhlengewebe aus und hatten durch Knochenbälkchenbildungen an jedem Fragmentende die Markhöhle völlig verschlossen. Das Knochengebälk sämtlicher Kallusbezirke erstreckte sich bis in das verbindende Gewebe der Pseudarthrosenschicht, den Zwischenstreifen. Teilweise zeigte sich eine ausgesprochen geradlinige Abgrenzung der Kallusgebiete gegen den Zwischenstreifen. Eine deutliche Linie schied das Knochen- von dem angrenzenden Knorpelgewebe. In den Knorpel des Pseudarthrosenstreifens zogen vom intermediären Kallus aus, und zwar nur auf eine geringe Strecke hin, in Buchten strotzend gefüllte Gefäße und osteoklastenähnliche Freßzellen. Neben der Resorption fand man lebhafte Apposition. Das bestimmte Faserrichtung zeigende Streifengewebe wies Spaltbildungen, Blutungen, Detritusbröckel, Reibungsschlamm, glattgeschliffene und abgerollte Trümmerstücke auf, was für durchgemachte Reibun-

gen, Zerrungen, sowie Verschiebungen infolge ungünstiger Druck- und Zugeinflüsse durch mangelhafte Fixierung sprach. So folgert Pommer weiter: „Denn in dem Maße und in soweit als zwischen den Bruchstücken Verschiebungen möglich blieben und beim Wechsel der Belastungen und Bewegungen zerrende und reibende, scherende Wirkungen sich geltend machten, war hier nur die Entstehung faserigen Bindegewebes, hyalinen Knorpels und ihrer Mischformen begünstigt.“ Da reiner Druck oder Zug und zwar intermittierender Druck in Form von Erschütterungen als funktionell trophische Reize des Knochens angenommen werden, bilden Verschiebung und Reibung die Entstehungsbedingungen des Knorpelgewebes. Während hier also nur mikroskopisch sichtbare „Auseinanderweichungsspalten“ zu erkennen waren, fand Mitterstiller in einem anderen Falle größere, schon makroskopisch sichtbare Spaltbildungen, die in ihrer Wandauskleidung dem Bau einer normalen Gelenkmembran sehr ähnelten. In den von ihm und von Pommer untersuchten Fällen hebt er den allmählichen Uebergang des ungeordnet und geflechtartig gebauten Kallus in einen solchen von mehr lamellöser Struktur hervor. Bei den erst kürzere Zeit bestehenden Pseudarthrosen überwiegt die engmaschigere Struktur des Kallusgebälks, während bei älteren Pseudarthrosen der weitmaschigere mehr hervortritt. Die Pseudarthrosenschicht läßt namentlich im jüngsten Fall starken Wechsel der Gewebsbildungen erkennen, wobei knorpeliger Kallus sich mit faserigem Bindegewebe mit zum Teil deutlichen Zeichen hyaliner Degeneration abwechseln und dazwischen ausgedehnte Trümmerfelder von Knochenstückchen. Der Zwischenstreifen zeigt je nach den Fällen mehr knorpeligen oder mehr fibrösbindegewebigen Charakter. Brun fand bei der Untersuchung von Kriegspseudarthrosen, die zum großen Teil aus Geschoßwirkungen und eitrigen Entzündungen hervorgegangen waren, den Knochen in einer Anzahl von Fällen völlig nekrotisch, daneben aber auch neugebildeten Kallus. Die Hälfte der Untersuchungsserie zeigte lebensfähiges Knochengewebe oder im Zentrum einzelner Bälkchen Zonen von Knochennekrosen. Das Mark der nekrotischen Knochen war meist gefäß- und zellarm, es hatte an manchen Bezirken die Beschaffenheit des umgebenden Bindegewebes, was auf eine Hineinwucherung in die Knochenlücken zurückgeführt wurde. Je nach der Funktion und Beanspruchung ist das Bindegewebe in seinem histologischen Verhalten verschieden stigmatisiert. Lacunäre Resorption an der Grenze zwischen Knochen und Bindegewebe bewirkt eine Zerstörung der an-

grenzenden Lamellensysteme. Auch knorplige Metaplasie des Bindegewebes mit Uebergang zur enchrondralen Verknöcherung ist vertreten.

Die Frage der Pathogenese der Pseudarthrosen ist umstritten und noch nicht eindeutig geklärt. Es sind die verschiedensten Momente unter den Heilungsvorgängen am geschädigten Knochen und Einwirkungen in einen kausalen Zusammenhang gebracht worden. Jedoch darf die letzte Ursache wohl in einer Gewebsschädigung der Bruchteile des Knochens, bzw. seiner osteogenetischen Anteile (Periost, Mark, Endost) angenommen werden und in dem „Erlahmen der knochenbildenden Kräfte" sich auswirken oder in unzulänglichen Bedingungen für die Regenerationsvorgänge. Da der regenerative, kallusbildende Reiz ein zeitlich begrenztes Wachstum in seinem gesetzmäßigen Verlauf zeigt, geht nach Erreichung des Höhepunktes, wenn die knöcherne Vereinigung der Bruchstücke nicht eintritt, der Kallus in ein knöchernes Narbengewebe über, — ein Merkmal des abschwellenden Reizes (Goetze). Damit kann das Wesen der Pseudarthrose in das Ausbleiben des Wiederherstellungsreizes verlegt werden, der ursächlich eine Reihe von Bedingungen örtlicher und allgemeiner Natur voraussetzt, die sich wechselartig beeinflussen und auswirken.

Lexer betont, daß die Regenerationsfähigkeit an sich ungenügend ist, wenn die osteogenetische Kraft durch Schädigungen aller Art vermindert oder verloren ist, andererseits aber auch eine genügende, ungeschwächte Regenerationsfähigkeit vorliegende Hindernisse nicht zu überwinden vermag. Als allgemeine Ursachen spielen auch konstitutionelle Besonderheiten eine Rolle. Vogel glaubt hierbei an eine persönliche, vielleicht erbliche Disposition zu mangelhafter Kallusbildung, die weniger in abnormer Schwäche des Gesamtorganismus besteht, als in einer Dyskrasie des Stratum fibrosum. Eigenartig ist, daß Pseudarthrosen auffallend oft gerade bei kräftigen, gesunden, grobknochigen Männern gesehen werden, sodaß man keinen rechten Anhaltspunkt für eine konstitutionelle Schwäche des Skelettsystems gewinnen kann. Es ist sogar bekannt, daß auch trotz reichlicher Kallusbildung Pseudarthrosen entstehen. Das Alter scheint weniger für die Entstehung einer Pseudarthrose zu disponieren, da trotz der physiologischen Abnahme der Regenerationskraft im Alter eine Häufung von Pseudarthrosen nicht beobachtet wird. Das 20.—40. Lebensjahr liefert den größten Anteil. Die Pseudarthrose, die aus der medialen Schenkelhalsfraktur hervorgeht und vor-

zugsweise im Alter auftritt, hat allerdings besonders ungünstige Bedingungen zur Voraussetzung.

Bekanntlich üben auch Ernährungseinflüsse einen gewissen Einfluß auf die Knochenregeneration aus, was mit der modernen Vitaminforschung deutlicher zu Tage tritt. So hebt Bier hervor, daß die Kost der gewöhnten Verhältnisse außerhalb des Krankenhauses den Heilungsfortgang oft günstig beeinflußt. Erinnert sei an die Hungerosteopathie, Rachitis und Skorbut, wo wahrscheinlich ein Mangel an C'Vitamin eine Hauptrolle spielt. Inwieweit alkalische oder saure Nahrung auf die Knochenbruchheilung einwirkt, wurde von Boeminghaus und Mondry, Abderhalden und Wertheimer experimentell an Tieren untersucht. Sie fanden ein deutliches Plus zu Gunsten der sauer ernährten Tiere. Daß bei schlechtem Allgemeinzustand des Organismus infolge von Erkrankungen aller Art, bei Diabetes, Kachexie nach Infektionskrankheiten wie Lues und Tuberkulose oder malignen Neoplasmen, bei senilem Marasmus, Osteomalacie, Rachitis, Osteogenesis imperfecta auch das Regenerationsvermögen beeinflußt wird, was sekundär zu einer Insuffizienz des Knochensystems führt, wird häufig betont.

Brandt glaubt allerdings nicht an eine Pseudarthrosenbildung nach Rachitis, da er stets gute Heilverlaufe nach Osteotomien rachitischer Beinverkrümmungen, wo die Krankheit noch nicht abgeklungen war, beobachten konnte. Wohl tritt eine Verlangsamung der Heilung bei Erwachsenen bei Beinverkrümmungen nach Osteotomien auf, je härter und kalkreicher der Knochen ist. Bekannt ist, und durch Tierversuche erwiesen, der Einfluß der Inkrete auf den wachsenden Knochen. Allerdings ist es nicht einfach, in dem komplezierten System der Korrelation der einzelnen innersekretorischen Drüsen Störungen zu beurteilen, die teils polivalenten Charakter zeigen, insofern als die Dysfunktion einer einzelnen Drüse mittelbar oder unmittelbar auch in anderen Drüsen Störungen auszulösen vermag.

Damit muß man in manchen Fällen auf eine genaue Analysierung der Einzelwirkung von innersekretorischen Organen verzichten und dafür von poliglandulären Störungen sprechen.

Wenn auch wachsender und gebildeter Knochen sich physiologisch verschieden verhalten, so ist immerhin denkbar, daß ein Zusammenhang zwischen Inkret und physiologischer Knochenregeneration besteht.

Klose und Vogt glauben an ein spezifisches thymektogenes

Knochenleiden und beobachteten in ihren Tierversuchen nach Thymusexstirpation eine bleibende Beweglichkeit der Frakturen, weil die Ablagerung von Kalk gestört ist. Es kam nur zu einer bindegewebigen Verbindung. Auch Marsiglia teilt diese Auffassung. Basch beobachtete eine erhöhte Weichheit und Biegsamkeit der Knochen, die nach ihm nur vorübergehend ist. Verzögerungen in der Frakturheilung nach Schilddrüsenexstirpation sind von Steinlein, Bergmann, Marsiglia u. a. beschrieben. Allerdings konnten andere Autoren sich davon nicht überzeugen (Hanke). Baumann war aufgefallen, daß in der Voralpengegend der Schweiz die Frakturen allgemein viel langsamer konsolidierten, als in kropfarmen Gegenden trotz der gleichen Behandlung. Er bringt die verminderte Kallusbildung in direkte Beziehung zu der Hypo- oder Dysfunktion der Schilddrüse und konnte nach oraler Verabreichung nativer Schilddrüsenpräparate in der Frakturbehandlung außerordentlich gute Erfolge erzielen. Allerdings dekken sich seine Erfahrungen nicht ganz mit denen anderer Autoren, sodaß die Frage noch garnicht einheitlich geklärt ist.

Auch innersekretorische Störungen im Zusammenhang mit Gravidität sind als Ursache regenerativer Abweichung mit herangezogen worden (Israel, Fränkel). Trotz vieler Widersprüche in den experimentellen Untersuchungen über den Einfluß der inneren Sekretion auf die Knochenregeneration muß man daran festhalten, daß das Fehlen oder die Dysfunktion einer endokrinen Drüse Veränderungen im Regenerationsprozeß bewirkt, insbesondere führen das Fehlen von Thymus, Epithelkörperchen und Schilddrüse zu einer Verzögerung der Kallusbildung. Auch aus den Ergebnissen der Untersuchungen von Glaeßner und Haas geht hervor, daß hochwertiger phosphorhaltiger Thymusextrakt nicht allein im Tierversuch eine ausgiebige und schnelle Kallusbildung entstehen läßt, sondern auch beim Menschen die Kallusproduktion anregt und die Frakturheilung fördert, was auch auf Grund der Experimente von Chiariello angeführt wird.

Gegenüber den allgemeinen Ursachen der Pseudarthrosen überwiegen nach unserem heutigen Wissen doch mehr lokale Störungen.

So sind hervorzuheben:

1. Interposition von benachbartem Gewebe: Muskulatur (Lexer, Katzenstein und Bruns).
2. Große Blutergüsse (Lexer).

3. Narbenmassen, besonders bei Defekten von Periost und Knochen nach schwerem Trauma.
4. Ständige Bewegungen an den Bruststellen (Böhler, Pommer, Mitterstiller).
5. Fehlen der Reizeinflüsse (Bier).
6. Infektion.
7. Anatomisch funktionelle Abweichung (Brandt).

Die Entstehung der Pseudarthrosen durch Interpositionen ist umstritten. Bruns erblickte in der ständigen Muskelzwischenlagerung ein absolutes Hindernis der Konsolidation auf deren praktische Bedeutung insbesondere von Ollier hingewiesen worden ist, der sie bei der Resektion von 10 Pseudarthrosen siebenmal vorfand. Ebenso sah König unter 120 operativ gestellten Knochenbrüchen 26 mal (30%) Gewebszwischenlagerungen, woraus er schließt, daß die Interpositionen Vorstufen der Pseudarthrosen darstellen können, daß allerdings aber nicht in jedem Falle ein Hindernis darin erblickt werden dürfe. Lexer sieht nur dann ein Hindernis, „wenn unverletzte Muskulatur ungestört durch Reibung und Druck der Fragmente, bei Dislokation und Ruhigstellung im Verbande, sich bis zum Ablauf der Bruchhyperämie lebend erhalten kann, oder wenn sie nachträglich durch mechanische Reize zur bindegewebigen Schwiele verwandelt wird."

Cornil und Coudray stehen auf Grund tierexperimenteller Untersuchungen auf anderem Standpunkt. Sie sehen gerade in der erhalten gebliebenen Muskulatur einen Beitrag zur Kallusbildung, während der Zufall der Zwischenlagerung infolge Milchsäurebildung Nekrosen an den Bruchenden und damit auch Pseudarthrosen erzeugen soll. Nach Bier überwindet der Knochenbruch meistens die Hindernisse durch Weichteile, indem er sie „einpackt, zur Nekrose bringt, metaplastisch umwandelt und für den Kallus mitverwendet."

Was die Bedeutung der Blutergüsse angeht, so ist die Auffassung darüber keineswegs einheitlich. Während Bier und Martin in dem Bluterguß weniger eine ungünstige Bedingung mit Verzögerung der Heilung, als vielmehr den hauptsächlichsten Reiz und ein ausgezeichnetes Ernährungsmittel für den sich bildenden Kallus ansehen, ist Hildebrand gegensätzlicher Meinung und weist daraufhin, daß Blutergüsse im allgemeinen bei der Wundheilung hindern, da sie als Zwischenmasse von den neu zu bildenden Geweben erst durchwachsen werden müssen. Ebenso hält Kaufmann den Bluterguß für ein Hindernis, das die Resorption erst fortschaffen muß.

Allerdings sieht man häufig, daß subkutane Knochenbrüche eine kürzere Heilungszeit haben als offene, auch ohne, daß es zur Infektion kommt. Eine recht bedeutende Kallusbildung weisen auch oft Faktoren auf, die zu sehr ausgiebigen Haematomen führen. Auch die Beobachtung ossifizierender Hämatome läßt an einen günstigen Einfluß des Blutergusses auf die Kallusbildung schließen.

Lexer erblickt in der Ansammlung eines größeren Hämatoms ein höchst ungünstiges Moment, insofern, als es bei frischen Frakturen die Gewebe derart unter Spannung setzen kann, daß Zirkulationsstörungen entstehen, ebenso, wenn es zu einer Umwandlung in schwieliges Bindegewebe kommt. Daß ein bestimmter Reiz von dem Bluterguß auf die Umgebung ausgelöst wird, wird keineswegs bestritten, besonders subperiostale Blutergüsse, wo eine Verbindung des Periosts mit den Weichteilen besteht und eine gute Ernährung gewährleistet ist, schaffen einen günstigen Boden für das einwachsende periostale Keimgewebe in die Fibrinmassen. Werden diese jedoch nicht primär von den spezifischen Keimgeweben durchwachsen, sondern von dem umgebenden Bindegewebe — Granulationsgewebe — das zunächst keine knochenbildenden Eigenschaften besitzt, so läßt die entstehende bindegewebige Narbe keine feste knöcherne Vereinigung mehr zustande kommen.

In diesem Zusammenhang scheint mir die Frage der metaplastischen Umbildung von Narbengewebe zu Knochen berechtigt. Man hat früher einer solchen Gewebsumwandlung große Aufmerksamkeit zugewandt, hat aber ihre Bedeutung jetzt mehr und mehr eingeschränkt. Es ist bekannt, daß unter bestimmten Einflüssen indifferente Keimschichten morphologisch und funktionell sich umwandeln können. Diese Fähigkeit zur Umwandlung ist besonders groß im neugebildeten Bindegewebe, daß durch Einlagerung homogener Substanz knorpelähnliches Gewebe, hyalinen Knorpel und sogar geflechtartige Knochen hervorbringen kann. Knochen kann aber auch durch Abbau verkalkter nekrotischer Massen und Anlagerung der Knochensubstanz nach der Art des normalen Knochenwachstums gebildet werden, so wie es nach dem Untergang von Muskulatur über Verkalkung des nekrotischen Gewebes zu Knochenspangen kommt. Allerdings kommt diese Metaplasie wohl bei älterem Narbengewebe nach Ansicht der meisten Autoren nicht vor, da dann eine spätere Selbstheilung von Pseudarthrosen häufiger sein müßte.

Bier z. B. hat wiederholt darauf hingewiesen, daß die

Metaplasie für die Knochenbruchheilung eine bedeutende Rolle spielt und glaubt auch in altem fertigen Bindegewebe die Fähigkeit, bei bestimmten Reizbedingungen „Narbenknochen“ zu bilden. Nach den Anschauungen von Lexer ist eine ausgebildete Narbe aber nicht mehr metaplasiefähig.

Die breiten Narbenmassen, wie sie häufig bei Knochenresektionen gesehen werden, wo ausgedehnte Verletzungen durch Maschinengewalt oder Zusammenstöße vorausgegangen sind, ursächlich durch größere Knochen- und Periostdefekte bedingt, die die Pseudarthrosenbildung begünstigen sollen. Durch diese ungünstigen Momente unterliegen die knochenbildenden Zellen im Kampfe gegen das narbenbildende und die knöcherne Festigung störende Bindegewebe, obwohl normaler Weise die knochenbildenden Regenerationskräfte von vornherein überlegen sind. Nach Bier haben die am Regenerationsprozeß beteiligten Gewebe sogar die doppelte Fähigkeit, sowohl neuen festen Knochen, wie auch ein neues Gelenk zu bilden. Es ist überhaupt viel darüber gestritten worden, welche Teile des Knochens — ob Mark oder Periost — bei der Regeneration die Hauptaufgabe haben. Eine Uebereinstimmung in dieser Frage liegt noch nicht vor.

Bier mißt dem Mark die größte Bedeutung bei für die „echte Regeneration“. Nach seiner Meinung regeneriert sich der Knochen in zweierlei Formen, indem einmal infolge aller möglichen chemischen und mechanischen Reize das „falsche kallusähnliche Regenerat“ entsteht, ein andermal wirkt der angeborene „Nisus formativus“, der die alten Formen und Strukturen, also „wahre Regenerate“ wiederherstellt. Hierbei sollen örtliche hormonale Reize, die vom Knochenmark ausgehen, mitwirken. Desgleichen glaubt Fränkel an den Einfluß besonderer Hormone und unterscheidet ein wachstumanregendes plastisches, von einem wachstumhemmenden „Differenzierunshormon“.

Im Gegensatz hierzu wird von Lexer dem Periost die größte Bedeutung in der Kallusbildung zugeschrieben. Experimentelle Versuche haben gezeigt, daß aus einem Periostschlauch allein ohne Markeinfluß fester Knochen entstehen kann, und daß selbst große Knochendefekte von einer erhaltenen Periostbrücke regeneriert werden können. Diese Untersuchungen wurden von Rohde, Wehner u. a. ergänzt und ergaben ebenfalls die vorwiegende Bedeutung der periostalen Kallusbildung. Durch die frühzeitige Bruchhyperämie (Delkeskamp), die sich zuerst am periostalen Gefäßnetz zeigt, und nach Ausbildung von Kollateralen mit den zerrissenen

Markgefäßen wird die Vorbedingung für die Regeneration geschaffen. So ist insbesondere die schlechte Gefäßversorgung des Knochenbruchs mit fehlendem periostalem Gefäßnetz bei der medialen Schenkelhalsfraktur wohl allgemein gültig als Ursache einer häufig entstehenden Pseudarthrose. Dagegen führt Magnus die Pseudarthrose des Schenkelhalses darauf zurück, daß Druck und Gegendruck in derselben Richtung wirken, wie die Bruchlinie läuft. Nach Martin ergänzen Mark, Periost und Kortikalis einander und bilden ein einheitliches Gefüge, in dem allerdings in der Bedeutung für Heilung und Regeneration das Mark den Vorrang hat.

Im Zusammenhang gesehen, setzt sich die Knochenregeneration nach Frakturen aus zwei Phasen zusammen, die erste wird vom Periost bestimmt und die zweite vom Knochenmark. Hat das Periost die Lücke zwischen den Bruchstücken mit einem spezifischen Keimgewebe, das interzelluläre Substanz bilden und Kalk aufnehmen kann — also ossifikationsfähig ist — ausgefüllt, so kann nach dem Einwachsen von Blutkapillaren die zweite Phase der Ossifikation erfolgen, die vom Mark ausgeht und die erste Phase zur Voraussetzung hat. Durch Abspaltung von Osteoklasten und Osteoblasten aus dem Endothel der Kapillaren geht die Bildung des definitiven Kallus und spätere Verknöcherung durch Apposition und Resorption vor sich. Mechanisch-funktionelle Momente geben dem Kallus nach Beanspruchung eine angepaßte Struktur.

Besteht eine starke Schädigung des Periosts oder seiner Blutversorgung, so kann ein qualitativ und quantitativ unzureichendes ossifikationsfähiges Gewebe gebildet werden. Ist hingegen trotz reichlichen ossifikationsfähigen, periostalen Gewebes das Kapillarsystem des Marks geschädigt, so kann das vorhandene Gewebe nicht im Sinne der zweiten Phase umgebildet werden (Schilling). Mark und Periost bilden eine Einheit im Sinne der zweiphasigen Regeneration. Die primäre Ursache für die Pseudarthrose liegt nach Schilling in einer Dysfunktion der Kapillaren, während die mechanisch-funktionellen Faktoren im allgemeinen sekundärer Natur sind. Die ätiologischen Momente, die durch mechanische Einwirkungen auf die Frakturstelle zur Pseudarthrose führen, sind nicht immer einheitlich gedeutet worden, so haben die Ansichten über den Wert oder Unwert der vollständigen oder unvollständigen Feststellung der Frakturenden häufig gewechselt. Auch experimentelle Untersuchungen durch häufiges Verschieben der Bruchstücke brachten keine eindeutigen Lösungen. So ist es Brodie, Cornil und Coudray nicht gelungen, durch

Bewegungen ein Falschgelenk zu erzeugen. Cornil und Coudray stellten sogar eine viel schnellere und kräftigere Kallusbildung mit früher Verknöcherung fest, dagegen haben Ollier, Rigal und Vignal auf Grund ihrer Versuche Pseudarthrosen gesehen.

Bier erkennt grobmechanische Ursachen nicht an und verweist auf den ersten Versuch, beim Menschen eine Pseudarthrose künstlich zu erzeugen, der von Rhea Barton 1826 ausgeführt worden ist, der bei einer Hüftgelenksankylose durch Osteotomie in der Trochantergegend unter fleißigen Bewegungen ein kompensatorisches Gelenk schaffen wollte. Nach Bier muß die betreffende Frakturstelle eine primäre Veranlagung zur Gelenkbildung aufweisen, worauf mechanische Einflüsse somit sie fördern, hindern oder umändern können. Fortdauernde Bewegungen, die eine frische Frakturstelle treffen, die eine gute Ernährung aufweist, sind nach Lexer nicht verantwortlich für eine entstehende Pseudarthrose, da sogar mechanische Reibung und Druck die Gewebe zum Wachstum reizt. Erst bei einer Störung der Bruchhyperämie und bei örtlicher Kallusschwäche ist eine mangelhafte Fixierung eine Ursache der Pseudarthrose. Eine mangelhafte und zu kurze oder häufig unterbrochene Feststellung der Fraktur kann deshalb wohl mit Recht angeschuldigt werden. (Böhler, Magnus u. a.). Auch selbst kleine, kaum wahrnehmbare Bewegungen im Gipsverband können nach den Untersuchungen von Henschen den Knochen in seinem kristallinischen Baucharakter ermüdbar und erschöpfbar machen; erinnert sei in diesem Zusammenhang an die Marschfrakturen, Ermüdungsbrüche der Dornfortsätze, die Looserschen Umbauzonen, die schleichenden Frakturen und die Spaltbildungen im Transplantat am Ort der alten Pseudarthrose. Daß Knochenbrüche bei wildlebenden Tieren auch ohne jeglichen Verband auch ohne Pseudarthrose zur Heilung kommen, kann den Wort der absoluten Ruhigstellung nicht schmälern, da durch die reflektorische Muskelkontraktur die bestmögliche Fixation gegeben ist. Natürlich wird hierbei eine kosmetische Heilung nur in seltenen Fällen erreicht werden. Durch die Einrichtung und den künstlichen Verband muß die Muskelspannung überwunden werden, und damit wird die natürliche Fixation beseitigt, die nur durch sorgfältigsten und exaktesten Gipsverband oder Drahtextension kompensiert werden kann. Rehn erblickt in der Zugbehandlung einen unbedingten Vorzug vor dem Gipsverband, da durch die Muskelspasmen, die muskelphysiologisch einen intermittierenden Tetanus darstellen, aus-

gelöst werden, wodurch sekundär wieder ein aktivierender Reiz auf das Periost und die Proliferation ausgeübt wird.

Da auch Pseudarthrosen entstehen trotz genügender Kallusbildung, müssen außer den besprochenen Momenten noch besondere Faktoren den Heilungsverlauf beeinflussen. Eigenartig ist auch die vielgemachte Beobachtung, daß trotz gut gelungener operativer Eingriffe in Form von Resektionen oder Transplantationen an gleicher Stelle sich eine neue Pseudarthrose herausbildete, was Bier als eine besondere schicksalsmäßige Veranlagung auslegt. Brandt hebt die Bedeutung der Umgestaltung und Funktionsveränderung des ganzen verletzten Gliedes hervor und erblickt als letzte Ursache der Pseudarthrosenbildung stets eine fehlerhafte Beanspruchung der Bruchstelle, die sich aus Abweichungen im anatomischen Aufbau und Veränderungen der bewegungsphysiologischen Funktionen des gebrochenen Gliedes ergibt.

Es ist denkbar, daß schon während der Zeit, wo die Bruchstelle noch im Verband fixiert ist, durch Muskelkontraktionen eine mechanische Irritation an der Frakturstelle erfolgen kann, die in der Folgezeit eine fehlerhafte Muskelmechanik bedingt, indem einzelne Muskelgruppen Fragmentbewegungen auslösen. Die Fragmente bei Pseudarthrosen liegen oft dicht unter der Haut, da der sie umgebende Muskelmantel nach einer Seite abgewichen ist und die Winkelbildung des Knochens ausfüllt und damit eine ganz unphysiologische Zugrichtung entsteht. Sind Muskeln von Bruchenden angespießt oder vorbeilaufende Sehnen mit den Frakturenden verlötet, so bewirkt jede Tonusänderung eine Bewegung an den Bruchenden. Bei den zweiknochigen Gliedern kann, wenn nur ein Knochen gebrochen ist, vom gesunden Knochen eine Muskeleinwirkung auf ein Fragment des Nebenknochens stattfinden, ebenso bei einem doppelten Bruch, wenn der eine schneller verknöchert. Besonders ungünstig kann die Sperrwirkung bei Parallelknochen in Erscheinung treten, daß einmal bei dem einen Gliedabschnitt keine feste Berührung möglich wird, zum anderen ein funktionelles Mißverhältnis zu einander entsteht. Auch Aenderungen der Torsion eines Knochens geben der Muskulatur eine andere Zugrichtung, die sich dann zwangsmäßig auf die Fragmente auswirkt. Insbesondere aber üben Störungen in der Funktion benachbarter Gelenke Schädigungen auf den Bruchspalt aus, deshalb verzichtet Magnus bei Versteifung benachbarter Gelenke grundsätzlich auf die Behandlung von Pseudarthrosen. Inwieweit nervöse Schädigungen in ätiologischer Beziehung mit der

Pseudarthrosenbildung verknüpft sind, ist noch nicht eindeutig geklärt. Vielleicht ist durch den Wegfall der Tiefensensibilität mit der Schmerzempfindung die Bruchstelle leichter dauernden traumatischen Schädigungen ausgesetzt infolge der mangelhaften Ruhigstellung. Klinisch sind Knochenatrophie und erhöhte Knochenbrüchigkeit nach Nervenlähmungen bekannt, aber auch gegenteilige Angaben mit Hypertrophie.

Nach experimentellen Untersuchungen von Felix führt Sympathektomie eine beschleunigte Regeneration herbei, sodaß man sie auch zur Behandlung von Pseudarthrosen vorgeschlagen und angewandt hat. (Kappis, Leriche). Dagegen hält E. W. Lexer diese Maßnahme für zwecklos, da die verstärkte Bruchhyperämie auch verstärkte Abbauerscheinungen hervorruft, sodaß nach der anfänglich vermehrten Kallusbildung letzten Endes doch wieder einer Verzögerung der Verknöcherung resultiert. In dieser Hinsicht ist nach Braeucker eine normale Kallusbildung auch an ein normal funktionierendes regionäres Vasomotorensystem gekoppelt. Jedoch zeigen die Beobachtungen am Menschen, daß den Nervenstörungen keine so wesentliche Bedeutung beizumessen ist. Es besteht heute die allgemeine Auffassung, daß die Regeneration auch unabhängig von Reizen des Nervensystems verläuft und damit in der Frakturheilung keine besondere Rolle zukommt.

Die Wundinfektion der Frakturstelle nach einer komplizierten Fraktur oder nach einer Knochentransplantation schädigt stets die osteogenetischen Zellen, verzögert die Heilungsdauer erheblich und zeigt als Endergebnis oft genug eine Pseudarthrose. So berichtet Brun über 135 Pseudarthrosen, die zum allergrößten Teil aus Schußverletzungen mit schweren chronischen Eiterungen hervorgegangen waren. Es kommt zu Knochennekrosen, die sich abstoßen und Defekte entstehen lassen, die von dem knochenbildenden Material nicht immer vollwertig ersetzt werden können. Eine unzweckmäßige Behandlung, wie sie zuweilen bei eiternden Wunden durch Gazetamponade immer noch geübt wird, muß natürlich die Sekretverhaltung noch fördern und den Organismus bei seinen Heilungsmaßnahmen schwächen. Die mit offenen Frakturen oft vergesellschafteten Zertrümmungen der Fragmentenden, wie sie nach Geschoßwirkungen meistens beobachtet werden, führen leicht zu Defektpseudarthrosen. Vor ausgedehnten und zu frühzeitigen Entsplitterungen wird deshalb von Böhler, König, Hohmann u. a. gewarnt. Allerdings haben nach Beobachtungen Klinks im Kriege weitgehende Entsplitterungen niemals zu Pseudarthrosen geführt.

Nach der Lokalisation scheint die Pseudarthrose gewisse Lieblingssitze zu bevorzugen. Am Humerus ist das mittlere Drittel, zum Teil auch der Uebergang vom mittleren zum oberen oder unteren Drittel häufig; am Unterarm und Unterschenkel die Gegend zwischen mittlerem und unterem Drittel, was Rehn auf fehlende Muskelansätze zurückführt. Am Oberschenkel ist die Gegend des unteren Teils des mittleren Drittels Prädilektionsstelle für Pseudarthrosen, an der Klavikula das mittlere Drittel auf Grund der Anordnung der Muskulatur.

In der Verteilung der Pseudarthrosen sind nach neueren Angaben die des Unterschenkels und Unterarms gegenüber denen anderer Gliedabschnitte häufiger. Der Prozentsatz der Pseudarthrosen nach Frakturen schwankt zwischen 0,5—4%, allerdings sind im Weltkrieg nach Schußfrakturen 6% beobachtet worden.

Die Behandlung der Pseudarthrose muß alle Bedingungen, die zur Entstehung geführt haben können, berücksichtigen. Dabei ist es allerdings oft schwierig, die verzögerte Konsolidation von der beginnenden Pseudarthrose zu trennen, da ein fließender Uebergang besteht. Die empirisch aufgestellten Zeitmaße, nach Schönbauer 6—12 Monate, Verbrugge und Dérome 3 Monate, sind unsicher. Andere halten das Anfangsstadium der Pseudarthrose dann für gekommen, wenn der örtliche Befund und Krankheitsverlauf den Mißerfolg der Behandlung anzeigt.

Die Entscheidung bringt dann am sichersten der röntgenologische Befund, sowie der Funktionsausfall.

Ungeheuer zahlreich sind nun die Wege, die beschritten worden sind, um die stehengebliebene Konsolidation wieder in Gang zu bringen oder die entstehende oder bereits ausgebildete Pseudarthrose in Heilung überzuführen. Je nach der Eigenart der Behandlungsmethoden unterscheiden wir die konservativen von den operativen. Die konservativen Mittel können in zwei Gruppen gegliedert werden, die einmal zu einer Allgemeinreaktion des Körpers führen sollen, z. B. durch besondere Ernährungsmaßnahmen, zum anderen durch örtliche Maßnahmen und Mittel, die zur Regeneration an der Bruchstelle eingespritzt werden. Neben einer Anreicherung der Nahrung mit Phosphor, Kalk, Fett und vitaminhaltigem frischem Obst und Gemüse, ist daneben noch eine zusätzliche Medikation von angeblich kallusfördernden Mitteln wie Kalcan, Knochenmehl, Pro ossa und Vitaminpräparate angewandt worden. Da innersekretorische Störungen auch auf Grund tierexperimenteller Untersuchungen vielfach Störungen in der Bruch-

heilung verursachen, hat man therapeutisch die Anwendung von Hormonen empfohlen, insbesondere das Schilddrüseninkret (Baumann, Heller).

Durch örtliche Reizwirkung auf die Frakturstelle ist besonders die von Bier empfohlene Eigenblutinjektion an der Frakturstelle oft mit Erfolg angewandt, die einen Anreiz auf die Gefäßneubildung und Kallusentwicklung ausüben soll. Lexer betont allerdings hierzu, daß das Blut subperiostal injiziert werden muß, da sonst die Gefahr der Verschwielung bestehe. Hildebrand verneint den Erfolg mit dieser Methode und lobt Jodtinktur (mehrmals 1 ccm).

Von anderen chemischen Substanzen sind Terpentin, Karbolsäure (Becker, Hüter), Osmiumsäure (1%), Alkohol (Schropf), Milchsäure 10% (Burckhardt, Bitter), Zinkchlorid und Gelatine gleichzeitig als Reizmittel, wie auch zur Zerstörung von zwischengewachsenen Gewebe angewandt worden.

Um dem Knochen lokal Grundstoffe zur Ossifikation zuzuführen, wurden Kalzium, Silizium und Kalk, Strontium und Natriumglykokollphosphat „Ossophyt" (Eden, Hermann) an der Bruchstelle injiziert.

Aber auch Bestandteile des Knochen selbst, wie Knochenmarkbrei, Periostemulsion, Knochenmehlemulsion haben mit mehr oder weniger Kritik Anwendung gefunden.

Von Erfolgen mit Fibrininjektionen berichten Bergel und Wohlgemuth, während Imbert und Baj dem Frakturiertenserum günstige Erfolge zusprechen.

Die physikalisch-mechanischen Behandlungsmethoden zielen darauf hinaus, an der Bruchstelle eine stärkere Hyperämie zu erzeugen. So ist die Anwendung von Heißluft (Bier, Klapp), Diathermie und Stauung (Bier, Helferich) empfohlen.

Der Wert der Röntgenstrahlen wird verschieden beurteilt, indessen scheinen doch kleinere Dosen fördernd zu wirken (Payr, Tammann).

Sehr alt ist das Beklopfen der Bruchstelle mit einem Holzhammer nach Thomas, sowie das Reiben der Fragmente gegeneinander und auch die Belastung im Gehverband. Brandt hält die willkürlichen Fragmentverschiebungen, die eine gegenseitige Reibung bezwecken sollen, für ungünstig, da sie dauernd die Regenerationskräfte stören, während einmalige kräftige Reize sie fördern.

Kritisch betrachtet haben alle diese konservativen Maßnahmen nur begrenzten Wert. Sie versprechen höchstens Erfolg bei ausgesprochener Kallusschwäche und tragen wenig

Rechnung jener Fälle, die mit genügender Kallusbildung einhergehen.

So gehört die vollausgebildete Pseudarthrose in das Gebiet der operativen Behandlung, da sie allein erst neue Bedingungen für die osteogenetischen Kräfte schafft und die Bruchenden in guter Stellung fest fixiert.

Unter den zahlreichen Operationsmethoden, die ersonnen worden sind, nimmt die Bohrung der Fragmente, wie sie Beck 1929 empfohlen hat, eine Mittelstellung zwischen der konservativen und operativen Behandlung ein.

In seiner geschichtlichen Entwicklung geht dieses Verfahren auf Dieffenbach (1846) zurück, der die subcutane Durchbohrung der überknorpelten Knochenenden bei Pseudarthrosen vornahm, den Bohrkanal mit Elfenbeinstiften nagelte, die außer der mechanischen Festigung noch als Reizmittel dienen sollten. Nach Beck wird die Bohrung mit einem 2 mm dicken elektrischen Drillbohrer von einigen Hauteinstichstellen aus in divergierenden Richtungen nach dem Pseudarthrosenspalt zu ausgeführt.

Die kallusfördernde Wirkung wird auf die Vergrößerung der Wundfläche und die Anreicherung mit einem Gewebebrei aus Periost, Knochenmehl, Mark und Blut zurückgeführt. Die Bohrung kann nach Wochen beliebig oft wiederholt werden. Da dieses Verfahren nur einen verhältnismäßig geringen Eingriff darstellt und die bestehende Festigkeit des Knochens nicht beeinträchtigt, kann anschließend in einem ungepolsterten Gehgipsverband funktionelle Beanspruchung erfolgen.

Klapp empfiehlt bei erlahmender Regeneration wiederholte subcutane Discisionen am Frakturspalt und Periost mit tenotomartigem Messer zur Reizung des osteoplastischen Gewebes. Um eine breitere Eröffnung der Markhöhlen zu erzielen, wendet Felsenreich nach einer übersichtlichen Freilegung der Pseudarthrose die Trepanbohrung an.

Das Aufspitterungsverfahren nach Kirchner erstrebt die vollständige Zerstörung der Pseudarthrose und die Eröffnung der verschlossenen Markräume. Durch den starken mechanischen Reiz, die Blutung, die Verschleppung von knochenbildendem Material, Periost, Mark und Kompakta soll die Kallusbildung belebt werden. Der Knochen wird an der am einfachsten zugänglichen Seite durch einen Längsschnitt freigelegt und durch mehrfache längsgerichtete Meißelschläge aufgesplittert, wobei allerdings zu beachten ist, daß die Splitterung nicht bis ins Gelenk erfolgt. Diese Methode hat wegen der guten Heilerfolge viele Anhänger gefunden. Bauer er-

gänzte die Aufsplitterung dadurch, daß er das Zwischengewebe exzidiert und nach der Aufsplitterung eine „Splitterverriegelung" vornimmt, die in besonders ungünstigen Fällen noch durch autoplastische Splittervermehrung aus der gesunden Tibia erweitert werden kann.

Eine besonders ausgiebige Anfrischung ist die Zertrümmerung der Fragmentenden wie sie von Völcker während des Krieges angegeben worden ist. Auf Grund von Beobachtungen nach Schußverletzungen, wo ein Röhrenknochen an umschriebener Stelle in kleine Splitter zerschlagen war, trat schon nach wenigen Wochen, wenn keine Infektion hinzukam, eine feste knöcherne Zusammenschmelzung ein.

Aus der Vorstellung heraus, daß die kleinen Knochensplitter wie Ossifikationszentren wirken, hat Völcker bei seiner Pseudarthrosenoperation von jedem Fragment eine 1 cm dicke Knochenscheibe abgeschlagen und sie in kleinste Splitter zerschnitten, die er dann in die inzwischen vollgeblutete Knochenlücke wieder einfügte.

Die vielgeübte Anfrischung der Bruchenden in frischeren Fällen erstreckt sich in der Hauptsache auf die Beseitigung von Zwischenlagerungen, Exzision von Bindegewebe, sowie der Eröffnung der Markhöhle mit einem scharfen Löffel. Sind die Knochenenden eburnisiert, so ist die Resektion bis ins gesunde Gewebe hinein erforderlich. Dabei besteht allerdings der Nachteil, daß eine mehr oder weniger starke Verkürzung des Gliedabschnittes die Folge ist, die entweder bei den zweiknochigen Gliedern durch Verkürzung des Nebenknochens ausgeglichen oder durch freie Knochentransplantation überbrückt werden muß.

Ist bei der Anfrischung durch Resektion eine direkte Vereinigung der Fragmente möglich, so kann sie quer, schräg, treppenförmig oder gabelförmig vorgenommen werden. Um besonders seitliche Verschiebungen zu vermeiden, führt Hohmann an dem Unterarm die treppenförmige Vereinigung so aus, daß die eine Stufenbildung in sagittaler, die andere in frontaler Richtung verläuft.

Die Befestigung der Bruchstelle ist in der mannigfaltigsten Art vorgenommen worden. So suchten Lane und Lambotte die Dislokation durch anschaubbare Metallplatten zu verhindern. Andere Autoren benutzten Horn, Elfenbein, Metallnägel und Drahtnaht.

Alle diese Methoden haben jedoch den Nachteil, daß eine Fixation mit fremdem Material nicht auf die Dauer möglich ist, da durch den Fremdkörperreiz Resorptionsvorgänge am

Knochen einsetzen, die dann die Fixation lockern und das Gewebe schädigen. So ist insbesondere von vielen Seiten vor der Anwendung der Lane'schen Metallplatten gewarnt worden. Magnus verwendet rostfreien Draht, den er durch ein Metallrohr nach außen leitet und später dann entfernt. Dagegen hält König Heilungsstörungen auch durch größere Fremdkörper für unwahrscheinlich, auch Brandt findet dafür keine Erklärung und glaubt, daß Mißerfolge nach der Knochennaht oder Schienung hauptsächlich durch mechanisch-funktionelle Mißverhältnisse begründet sind, die entweder schon vorher bestanden oder durch die Osteosynthese erst geschaffen worden sind.

Soll nun bei der Resektion einer Pseudarthrose eine Verkürzung vermieden werden, oder handelt es sich bereits um einen größeren Defekt, so ist die Knochentransplantation als das geeignetste Verfahren zu wählen. Der größte Wert muß dabei auf die Schonung der gefäßtragenden Verbindung zwischen Periost und umgebenden Weichteilen gelegt werden. Die sorgfältig resezierte Pseudarthrosenstelle wird dann durch ein Transplantat aus der Tibia überbrückt. Wird der Knochenbolzen in die Markhöhlen der beiden Fragmentenden eingetrieben und das Mark dabei geschädigt, dann muß zumindest ein gut erhaltener Periostschlauch als Vorbedingung erhalten sein, andernfalls ist die Schienung mittels eines kräftigen Knochenspans zu bevorzugen, der mit Endost und Periost bekleidet ist und durch Drahtschlingen fixiert wird. Neben der Bolzung und der einfachen Schienung ist die Anlegung des Spans in mehrfachen Kombinationen möglich.

Brun verzichtet im Gegensatz zu Lexer auf eine ausgiebige Resektion und falzt ein fest anliegendes Knochentransplantat in die nur bis zur Hälfte resezierte Pseudarthrose ein. Aehnlich ist die Methode von Albee, der eine aus dem einen Fragmentende herausgesägte Knochenspange riegelförmig über den Pseudarthrosenspalt hinaus verschiebt und mit resorbierbarem Nahtmaterial, am besten Kängeruhsehne, unverschieblich fixiert. Und nun die Ernährung des transplantierten Knochenspans zu erhalten, dreht Hohmann eine vom gleichen Knochen entnommene Leiste um 180 Grad in den Defekt, sodaß an einem Stumpfende der Anschluß an eine Periostbrücke erhalten ist. Reichel verpflanzt gestielte Haut-Periost-Knochenlappen, die aber nur bei den oberflächlich gelegenen Knochen anwendbar sind.

Um eine vergrößerte Oberfläche und einen guten Nährboden für die Regeneration zu schaffen, empfiehlt Matti

die Uebertragung von Spongiosa. Die sklerotischen Fragmentenden werden nur seitlich unter partieller Resektion der Kortikalis bis in den normalen Diaphysenraum, bzw. bis in den Bereich lockerer, gut vaskularisierter Metaphysenspongiosa angefrischt. Die Spongiosa wird mit scharfem Löffel aus dem Trochantergebiet, den Femurkondylen oder dem Tibiakopf entnommen und direkt zwischen die angefrischten Fragmente und in die ausgemeißelte Diaphysenmulde übertragen. Matti empfiehlt diese Methode besonders bei den sogenannten gemeinen Pseudarthrosen, die aus gewöhnlichen Frakturen entstanden sind mit End zu Endstellung der Fragmente ohne Verkürzung und nennenswerte seitliche Verschiebung. Da Brandt davon ausgeht, daß mechanisch-funktionelle Störungen wesentlich oder ausschließlich zur Entstehung der Pseudarthrosen beitragen, hält er die Osteotomie des Sperrknochens bei den zweiknochigen Gliedabschnitten für ein sehr nützliches und leistungsfähiges Verfahren, das oft ohne operativen Eingriff an der Pseudarthrose selbst die knöcherne Heilung sichert. Aber auch an einknochigen Gliedern kann die zusätzliche Osteotomie nach Resektion und Knochennaht gute Dienste leisten.

All die vielen Behandlungsvorschläge und Heilmaßnahmen sind den mannigfaltigsten Gedankengängen über die Entstehung und Verhütung von Pseudarthrosen entwachsen.

Es ist demnach auch nicht möglich, eine Universalbehandlungsmethode für alle Pseudarthrosen anzugeben.

Wirklichen Erfolg wird in jedem Falle nur diejenige Therapie versprechen, die die Entstehungsursache und das derzeitige Stadium der Pseudarthrose berücksichtigt!

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Klapp für die freundliche Ueberlassung des Themas meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Literatur.

Bauer, K. H.: Das Aufsplitterungsverfahren bei Pseudarthrosen. Chirurg 1, 871 und 3, 993.

Baumann: Die Anregung der Knochenneubildung durch Schilddrüsenpräparate. Zbl. Chir. 1931, 665.

Bergel: Kallusbildung durch Fibrin. Dtsch. med. Wschr. 1909, 1349.

Bergmann: Ueber Pseudarthrosen. Dtsch. med. Wschr. 1933, 609.

Bier: Ueber Knochenregeneration, über Pseudarthrosen und über Knochentransplantate. Arch. klin. Chir. 127.

— — Ueber Pseudarthrosenbildung. Münch. med. Wschr. 1920, 8.

— — Die Bedeutung des Blutergusses für die Heilung des Knochenbruches. Med. Klinik, 1905, 1, 2.

Böhler: Die Ursachen der Pseudarthrosenbildung und ihre Behandlung. Klin. Wschr. 1928, 1932.

Braeucker: Ueber die Ursachen der verzögerten oder ausbleibenden Frakturheilung. Z. orthop. Chir. 58, 452.

Brandt: Verzögerte Knochenbruchheilung und Pseudarthrosenbildung. Leipzig 1937, Verl. G. Thieme.

Brun: Spätfolgen von Kriegsverletzungen, Zürich, Räscher u. Co. 1918.

Bruns: Die Lehre von den Knochenbrüchen. Dtsch. Chir. 26, 27.

Burckhardt: Knochneregeneration. Chir. Kongr. 1925, I, 207 und 1926, I, 156.

Debrunner: Ueber verzögerte Konsolidation und Pseudarthrose. Z. orthop. Chir. 58, 448.

Delkeskamp: Das Verhalten der Knochenarterien bei Knochenerkrankungen und Frakturen. Ftschr. Röntgenstrahlen 10.

Felsenreich: Pseudarthrosenbehandlung durch Trepanbohrung und Trepanzerstörung. Z. Chir. 1934.

Findling: Ueber Pseudarthrosen. Diss. Berlin 1935.

Fränkel: Zur Heilung von schweren Knochenbrüchen mittels Röntgenreizdosen. Med. Klin. 1915, 211.

Gläßner und Haß: Experimentelle Beeinflussung der Kallusbildung bei Knochenfrakturen. Klin. Wschr. 1928.
Goetze: Prinzipien der Pseudarthrosenbehandlung. Chir. Kongr. 1930.
Hanke: Experimenfelle Untersuchungen über den Einfluß der Schilddrüse auf die Knochenregeneration. Dtsch. Z. Chir. 247, 317.
Heller: Thyroxin als Mittel zur Förderung der Kallusbildung. Zbl. Chir. 1931, 1578.
Hohmann: Die Pseudarthrosenbehandlung. Münch. med. Wschr. 1931, 1483.
Israel und Fränkel: Versuche über den Einfluß der Avitaminose auf die Heilung von Knochenbrüchen. Klin. Wschr. 5, 94.
Katzenstein: Experimentell erzeugte Pseudarthrosen. Zbl. Chir. 1920, 122.
Kirschner: Behandlung der Pseudarthrosen. Chir Kongr. 1923.
Kleinschmidt: Die Pseudarthrose und ihre Behandlung. Chir. 1936, 313.
König: Ueber Behandlung und Verzögerungsvorgänge bei offenen Knochenbrüchen. Dtsch. Z. Chir. 200, 476.
— — Entstehung und Verhütung von Pseudarthrosen. Chir. Kongr. 1930.
Lexer: Ueber die Entstehung von Pseudarthrosen nach Frakturen und nach Knochentransplantationen. Arch. klin. Chir. 119, 520.
— — Operation und Erfolge bei veralteten, mehrfach operierten Pseudarthrosen. Zbl. Chir. 1936, 913.
Lexer, E. W.: Ueber den zeitlichen Ablauf der Heilvorgänge am Knochenbruch. Beitr. klin. Chir. 159, 372.
Magnus und F. König: Handbuch der gesamten Unfallheilkunde. Enke, Stuttgart 1934.
Magnus: Wesen und Behandlung der Pseudarthrose. Z. klin. Chir. 1937, 1228.
Martin: Ueber experimentelle Pseudarthrosenbildung und die Bedeutung von Periost und Mark. Arch. klin. Chir. 114.
— — Bruchhyperämie und Kallusbildung. Arch. klin. Chir. 130, 62.
Matti: Ueber die Behandlung von Pseudarthrosen mit Spongiosatransplantation. Arch. orthop. Chir. 31, 218.
Mayer und Wehner: Neue Versuche zur Frage der Bedeutung der einzelnen Komponenten des Knochengewebes bei der Regeneration und Transplantation von Knochen. Arch. klin. Chir. 103.

Mitterstiller: Beiträge zur Kenntnis der mikroskopischen Befunde bei Pseudarthrosen nebst allgemeinen Erörterungen über die Entstehungsbedingungen und Schicksale derselben. Arch. klin. Chir. 122, 939.
Mondry und Boeminghaus: Untersuchungen über den Einfluß saurer und alkalischer Ernährung auf die Knochenregeneration. Arch. klin. Chir. 161,273.
Pommer: Zur Kenntnis der mikroskopischen Befunde bei Pseudarthrose. Wiener klin. Wschr. 1917, 328.
Rehn: Fraktur und Muskel. Arch. klin. Chir. 127, 640.
Schilling: Das Pseudarthrosenproblem und seine Beziehungen zur normalen Knochenregeneration. Beitr. klin. Chir. 157, 121.
Schirmer: Pseudarthrosen und ihre Behandlung. Diss. Kiel. 1934.
Süpfle: Zur Frage der Entstehung, Bedeutung und Behandlung der Pseudarthrose. Diss. Leipzig 1934.
Voelcker: Pseudarthrosenbehandlung. Knochensalatoperation. Münch. med. Wschr. 1917,1 307.
Wohlgemuth: Behandlung von Pseudarthrose und verzögerter Kallusbildung mit Fibrin. Med. Klin. 1922, 1252.

Lebenslauf.

Am 5. März 1912 wurde ich in Fischbeck (Weser) als Sohn des Mineralwasserfabrikanten Wilhelm Oberheide und seiner Ehefrau Friederike geb. Künne geboren. Nach 4-jährigem Besuch der Volksschule ging ich 2 Jahre auf die Mittelschule in Hameln und anschließend auf das dortige Ref.-Realgymnasium. Ostern 1932 bestand ich dort mein Abitur. Die vorklinischen Semester studierte ich in Tübingen und Marburg. Nach meinem Physikum studierte ich 2 Semester in Leipzig. Im August 1938 bestand ich mein medizinisches Staatsexamen an der Universität Marburg, anschließend war ich 2 Monate an der Universitäts-Hautklinik, und seit Oktober 1938 bin ich als Medizinalpraktikant am Kreis-Krankenhaus Rabenstein/Sachsen tätig.

Meine akademischen Lehrer waren:

in Tübingen: Geiger, Harms, Heidenhain, Jakobj, Knoop, Kohlrausch, Lehmann, Meisenheimer, Neubert, Oertel;

in Leipzig: Bredt, Gros,, Heim, Hochrein, Hueck, Jess, Küstner, Morawitz, Payr, Schröder, Siedentopf;

in Marburg: Becher, Boeminghaus, Dittler, Freudenberg, Göppert, Gremels, Habs, Jakobshagen, Kehrer, Kestermann, Klapp, Kretschmer, Kutscher, Loebell, Neumann, Pfannenstiel, Ruete, Uffenorde, Versé.